

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-079869

(43)Date of publication of application : 11.03.2004

(51)Int.Cl.

H01L 41/22

G01C 19/56

G01P 9/04

H01L 41/08

H03H 3/02

(21)Application number : 2002-240134

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO  
LTD

(22)Date of filing : 21.08.2002

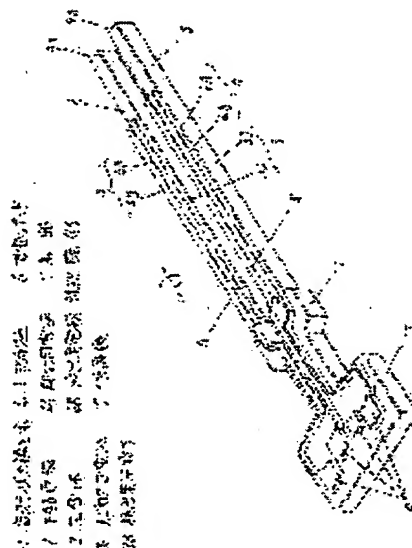
(72)Inventor : NAKATANI MASAYA  
TAJIKA HIROBUMI

## (54) METHOD FOR MANUFACTURING RESONANCE DEVICE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for manufacturing a resonance device which can be adjusted to a target resonance frequency and a detuning frequency.

SOLUTION: The method for manufacturing the resonance device includes a process of forming a piezoelectric body 3 and an electrode on a silicon substrate, a process of patterning the piezoelectric body 3 and electrodes by photolithography, a process of forming a structure 1 by etching the silicon substrate, a process of forming a protection film on at least one surface of the structure 1, and a process of etching the surface where the protection film is not formed and etching along the thickness can be carried out with high precision because of the formation of the protection film while the resonance frequency is measured to enable adjustment to the specified detuning frequency.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

30.05.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision]

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-79869

(P2004-79869A)

(43) 公開日 平成16年3月11日(2004.3.11)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
H01L 41/22	H01L 41/22	2F105
G01C 19/56	G01C 19/56	5J108
G01P 9/04	G01P 9/04	
H01L 41/08	H03H 3/02	D
H03H 3/02	H01L 41/08	D

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2002-240134 (P2002-240134)	(71) 出願人	000005821
(22) 出願日	平成14年8月21日 (2002. 8. 21)		松下電器産業株式会社
			大阪府門真市大字門真1006番地
		(74) 代理人	100097445
			弁理士 岩橋 文雄
		(74) 代理人	100103355
			弁理士 坂口 智康
		(74) 代理人	100109667
			弁理士 内藤 浩樹
		(72) 発明者	中谷 将也
			大阪府門真市大字門真1006番地 松下
			電器産業株式会社内
		(72) 発明者	多鹿 博文
			大阪府門真市大字門真1006番地 松下
			電器産業株式会社内

最終頁に続く

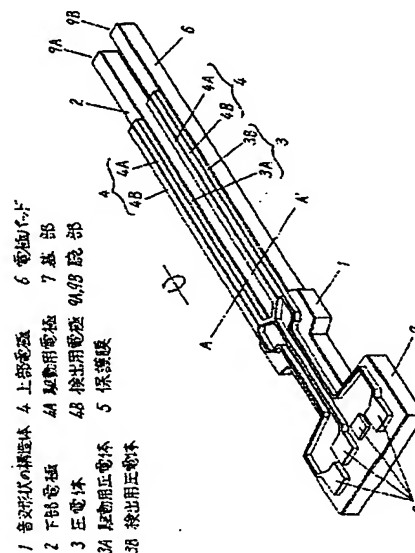
(54) 【発明の名称】 共振デバイスの製造方法

## (57) 【要約】

【課題】 目標とする共振周波数および離調周波数に調整できる共振デバイスの製造方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 シリコン基板に圧電体3および電極を形成する工程と、この圧電体3および電極をフォトリソグラフィによりパターンを形成する工程と、シリコン基板をエッチングして構造体1を形成する工程と、この構造体1の少なくとも一面に保護膜を形成する工程と、この保護膜が形成されていない面をエッチングする工程とを含む共振デバイスの製造方法であり、保護膜の形成により厚み方向のエッチングを共振周波数の測定をしながら高精度な加工ができ、所定の離調周波数に調整できる。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

シリコン基板に圧電体および電極を形成する工程と、この圧電体および電極をフォトリソグラフィによりパターンを形成する工程と、シリコン基板をエッチングして構造体を形成する工程と、この構造体の少なくとも一面に保護膜を形成する工程と、この保護膜が形成されていない面をエッチングする工程とを含む共振デバイスの製造方法。

**【請求項 2】**

シリコン基板をエッチングして音叉形状の構造体を形成する工程において、エッチングを促進するガスとエッチングを抑制するガスの混合ガスを用いた請求項 1 に記載の共振デバイスの製造方法。

10

**【請求項 3】**

フッ化カーボンポリマーの保護膜を形成する請求項 1 に記載の共振デバイスの製造方法。

**【請求項 4】**

エッチングを促進するガスが  $\text{SF}_6$ 、エッチングを抑制するガスが  $\text{C}_4\text{F}_8$  または  $\text{CHF}_3$  のいずれか 1 つである請求項 2 に記載の共振デバイスの製造方法。

**【請求項 5】**

保護膜が形成されていない面をエッチングする工程において、 $\text{XeF}_2$  ガスを用いてドライエッチングする請求項 1 に記載の共振デバイスの製造方法。

**【請求項 6】**

シリコン基板の一面に圧電体および電極を形成する工程と、この圧電体および電極をフォトリソグラフィによりパターンを形成する工程と、シリコン基板を  $\text{SF}_6$  ガスと  $\text{C}_4\text{F}_8$  または  $\text{CHF}_3$  ガスのいずれか 1 つを用いてドライエッチングにより音叉形状の構造体に形成する工程と、この音叉形状の構造体上の圧電体および電極が形成された面のもう一方の面を  $\text{XeF}_2$  ガスを用いてドライエッチングにより共振周波数を調整する共振デバイスの製造方法。

20

**【請求項 7】**

シリコンからなる構造体の共振周波数を監視してエッチングする工程にフィードバック制御して調整する請求項 6 に記載の共振デバイスの製造方法。

**【請求項 8】**

共振デバイスをパッケージまたは基板に実装してエッチングにより共振周波数を調整する請求項 7 に記載の共振デバイスの製造方法。

30

**【発明の詳細な説明】****【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は物体の機械的な共振現象を利用したデバイスに用いられ、例えば加速度センサ、角速度センサ、共振器、フィルタ等に応用される共振デバイスの製造方法に関するものである。

**【0002】****【従来の技術】**

従来の共振デバイスとして角速度センサを例に挙げて説明する。

40

**【0003】**

従来の角速度センサは、例えば米国特許第 5 4 3 8 2 3 1 号の明細書に記載されているようにシリコンなどの非圧電材料からなる音叉形状の構造体に 1 枚の下部電極と、この下部電極上に 1 枚の圧電体と、この圧電体の上に 2 つ以上の上部電極を貼り付けた構造であり、上部電極と下部電極間に電圧を印加して音叉形状の構造体に振動を与えた状態に外部より角速度が与えられるとコリオリ力によって振動方向とは垂直な方向に変位方向が変化し、この変位量を上部電極と下部電極間に発生する電圧を変位量として測定することで角速度の量が測定できるものである。

**【0004】****【発明が解決しようとする課題】**

50

しながら、この音叉形状の構造体を利用した角速度センサでは駆動効率および検出感度を高めるため、音叉形状の構造体の駆動方向と検出方向の共振周波数を互いに接近させかつ所定値だけ離れた共振周波数に設定する必要がある。この2つのモードの共振周波数は音叉形状の構造体の腕部の幅および厚み寸法で決定され、これらの寸法精度は $\pm 1 \mu\text{m}$ 以下と極めて高い精度が必要とされる。

#### 【0005】

この寸法精度を実現するためフォトリソグラフィを用いた幅方向の加工方法や機械研削による厚み方向の加工方法が用いられている。これらの加工方法は音叉形状の構造体の腕部の幅方向、厚み方向の加工を行いそれぞれの方向の共振周波数の絶対値を決める重要なものであるが、角速度センサの感度を決定する要素として上述の共振周波数の絶対値だけではなく互いの共振周波数の差、つまり離調周波数を所定値に設定することが必要である。

#### 【0006】

しかし、上述の方法ではこの離調周波数を指標とする加工を行うことは困難である。それは加工の最中に測定できるのは音叉形状の構造体の腕部の幅や厚みの形状寸法だけであり、実際の共振周波数を正確に測定することが難しいからである。

#### 【0007】

本発明は上記従来の問題点を解決するもので、目標とする共振周波数および離調周波数に調整できる共振デバイスの製造方法を提供することを目的とする。

#### 【0008】

##### 【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、以下の構成を有するものである。

#### 【0009】

本発明の請求項1に記載の発明は、シリコン基板に圧電体および電極を形成する工程と、この圧電体および電極をフォトリソグラフィによりパターンを形成する工程と、シリコン基板をエッチングして構造体を形成する工程と、この構造体の少なくとも一面に保護膜を形成する工程と、この保護膜が形成されていない面をエッチングする工程とを含む共振デバイスの製造方法であり、保護膜の形成により厚み方向のエッチングを共振周波数の測定をしながら高精度に行うことができ、所定の離調周波数に調整できる。

#### 【0010】

請求項2に記載の発明は、シリコン基板をエッチングして構造体を形成する工程において、エッチングを促進するガスとエッチングを抑制するガスの混合ガスを用いた請求項1に記載の共振デバイスの製造方法であり、エッチングを抑制するガスによりエッチングの側面に保護膜を生成してレジスト膜の下方のみに進行させることができる。

#### 【0011】

請求項3に記載の発明は、フッ化カーボンポリマーの保護膜を形成する請求項2に記載の共振デバイスの製造方法であり、シリコンと比べてエッチングガスに対して大きなエッチング選択比をもつため、シリコンのみのエッチングができる。

#### 【0012】

請求項4に記載の発明は、エッチングを促進するガスが $\text{SF}_6$ 、エッチングを抑制するガスが $\text{C}_4\text{F}_8$ または $\text{CHF}_3$ のいずれか1つである請求項1に記載の共振デバイスの製造方法であり、エッチングを抑制するガスによりエッチングの側面にフッ化カーボンのポリマーの保護膜を生成してレジスト膜の下方のみに進行させることができる。

#### 【0013】

請求項5に記載の発明は、保護膜が形成されていない面をエッチングする工程において、 $\text{XeF}_2$ ガスを用いてドライエッチングする請求項1に記載の共振デバイスの製造方法であり、エッチングにおいてプラズマを発生させる必要がないため、プラズマによるノイズの影響を受けずに共振周波数の測定ができる。

#### 【0014】

請求項6に記載の発明は、シリコン基板の一面に圧電体および電極を形成する工程と、こ

の圧電体および電極をフォトリソグラフィーによりパターンを形成する工程と、シリコン基板を $\text{SF}_6$ ガスと $\text{CF}_4$ 、または $\text{CHF}_3$ ガスのいずれか1つを用いてドライエッチングにより音叉形状の構造体に形成する工程と、この音叉形状の構造体上の圧電体および電極が形成された面のもう一方の面を $\text{XeF}_2$ ガスを用いてドライエッチングにより共振周波数を調整する共振デバイスの製造方法であり、エッチングを抑制するガスによりエッチングの側面にフッ化カーボンのポリマーの保護膜を生成してレジスト膜の下方のみに進行させることができると共にエッチングにおいてプラズマを発生させる必要がないため、プラズマによるノイズの影響を受けずに安定した共振周波数の測定ができる。

#### 【0015】

請求項7に記載の発明は、シリコンからなる構造体の共振周波数を監視してエッチングする工程にフィードバック制御して調整する請求項6に記載の共振デバイスの製造方法であり、エッチングを共振周波数の測定をしながら高精度に行うことができ、所定の離調周波数に調整できる。 10

#### 【0016】

請求項8に記載の発明は、共振デバイスをパッケージまたは基板に実装してエッチングにより共振周波数を調整する請求項7に記載の共振デバイスの製造方法であり、パッケージまたは基板に実装してエッチングを共振周波数の測定をすることにより高精度に行うことができ、所定の離調周波数に調整できる。

#### 【0017】

##### 【発明の実施の形態】

以下、一実施の形態を用いて本発明の請求項1～8に記載の発明について説明する。 20

#### 【0018】

図1は本発明による共振デバイスとしての代表例である角速度センサの構造を示す斜視図である。シリコンからなる音叉形状の構造体1と、この構造体1の上面に白金からなる下部電極2と、この下部電極2の上面にチタン酸ジルコン酸鉛からなる圧電体3の駆動用圧電体3Aと検出用圧電体3Bと、この駆動用圧電体3Aの上面に上部電極4の駆動用電極4A、そして検出用圧電体3Bの上面に検出用電極4Bが形成される。また下部電極2および上部電極4は配線を通して構造体1の基部7に設けた電極パッド6に引き出され、外部と接続できるようになっている。 30

#### 【0019】

ここで、この角速度センサの原理について図1を用いて説明する。上部電極4は駆動用電極4Aと検出用電極4Bに分割され、それぞれ下部電極2と共に駆動用圧電体3Aと検出用圧電体3Bを挟むよう対向している。このような構成において、駆動用電極4Aと下部電極2との間に電圧を加えると、この駆動用電極4Aと下部電極2に挟まれた駆動用圧電体3Aの部分が伸縮して音叉形状の構造体1の2本の腕部9Aおよび9Bの形状を歪ませ水平方向に振動が発生する。

#### 【0020】

このとき、この音叉形状の構造体1の腕部9A、9Bに平行方向の軸廻りに回転運動が生じると、腕部9A、9Bにはこの軸と駆動による振動方向に垂直な方向に撓みが発生する。そしてこの撓みによって検出用圧電体3Bに電荷が発生し検出用電極4Bによって検出される。つまり、このような角速度センサにおいては、腕部9A、9Bの駆動および角速度の量の検知を行うために圧電体3の圧電現象、逆圧電現象を利用する。このため腕部9A、9Bの変位量は大きいほど角速度の検出が容易となる。 40

#### 【0021】

これは検出できる電荷は歪みの量に比例するため、通常、駆動周波数は音叉形状の構造体1が持つ駆動方向の共振周波数の近傍に設定する。これにより駆動時の変位の量が大きくなり、その結果として角速度による変位がより大きくなるので検出が容易となる。更に角速度による検出の変位をより大きくするためには検出方向の共振周波数と駆動方向の共振周波数とを接近させることが望ましい。この両方の共振周波数が離れると、角速度による変位が検出方向に伝わり難くなるからである。 50

## 【0022】

しかし両方の共振周波数が極端に近い場合や同じ共振周波数の場合には、結合や角速度による変位がこの共振に埋もれてしまい検出ができなくなる。つまり結合を起こさない程度にできる限り接近した共振周波数に設定することが必要である。例えば駆動方向の共振周波数を20kHzとした場合には検出方向の共振周波数を19.8kHz程度にすることが望ましい。つまり離調周波数は共振周波数に対してほぼ1%以下の設定および制御が必要である。

## 【0023】

次に、角速度センサの製造方法について図2～図12を用いて説明する。図2～図8は図1の角速度センサのA-A断面による製造工程図、図9は共振デバイスの一例の角速度センサをパッケージに実装した斜視図、図10～図12は図9のパッケージに実装した角速度センサのB-B断面による製造工程図である。

## 【0024】

図2に示すようにシリコン基板14の上に下部電極2として白金を形成し、この下部電極2としての白金の上に圧電体3としてチタン酸ジルコン酸鉛を形成し、この圧電体3としてのチタン酸ジルコン酸鉛の上に上部電極4として金をスパッタリング、真空蒸着、ゾルゲル法などの通常の薄膜を形成する方法により形成する。

## 【0025】

次に、図3に示すように上部電極4の上にレジストマスク12をフォトリソグラフィーによりパターンを形成し図4に示すように上部電極4および圧電体3をエッチングする。このエッチングの方法としてはドライエッチングの方が望ましい。これは上部電極4と圧電体3を同じマスクで同時にエッチングするためには、サイドエッチの少ないエッチングが要求されるからである。ここで上部電極4は駆動用電極4Aおよび検出用電極4B、圧電体3が駆動用圧電体3Aおよび検出用圧電体3Bに分割される。

## 【0026】

次に、図5に示すようにパターンを形成した上部電極4と一部の下部電極2の上にレジストマスク13を形成して下部電極2をエッチングする。この方法はドライエッチングでもウェットエッチングでも可能である。ドライエッチングの場合はCF<sub>4</sub>ガス、アルゴンガスをを用いた通常のリアクティブオンエッチングによってエッチングされる。ウェットエッチングの場合は塩酸と硝酸の混合液が用いられる。

## 【0027】

次に、図6に示すようにレジストマスク13をそのまま用いてシリコン基板14をエッチングする。この場合のエッチング方法はドライエッチングを用いる。このドライエッチングにおいてはエッチングを促進するガスと抑制するガスを用いる。エッチングを促進するガスとしてSF<sub>6</sub>、CF<sub>4</sub>などを用いるが、これらのガスはシリコン基板14のエッチングの深さ方向だけでなく横方向にも促進する作用がある。

## 【0028】

図7に示すようにCHF<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>などのエッチングを抑制するガスを混合することによりエッチングの側面にフッ化カーボンポリマーである保護膜5を生成してエッチングをレジストマスク13の下方のみに進行させることが可能となる。またエッチングの進行方向の側面を垂直にする他の方法としてエッチングを促進するガスによってエッチングを少しだけ行い抑制するガスにより保護膜5を少しだけ形成する工程を繰り返してもほぼ垂直な側面が形成できる。具体的にはSF<sub>6</sub>を130sccm流して7秒間プラズマを発生させ約0.01μmの保護膜5を形成する工程を約180回繰り返した結果、約200μmの深さのほぼ垂直な側面が形成でき音叉形状の構造体1を形成することができた。

## 【0029】

なおエッチングの過程においてエッチングを抑制するガスによって保護膜5は音叉形状の構造体1の腕部9A、9Bの側面だけでなく底面にも形成されるが、底面に形成された保護膜5は側面の保護膜5に比べてエッチングを促進するガスにより容易に除去されるのでエッチングは下方のみに進行するのである。そしてエッチングによりシリコン基板14の

底面まで貫通して音叉形状の構造体1が切り出されエッチングが終了する。このときエッチングを抑制するガスによるプラズマを発生させて終了することが望ましい。これにより確実に側面にフッ化カーボンポリマーの保護膜5が形成されるのである。

#### 【0030】

そして図8に示すようにレジストマスク13を除去する。なおレジストマスク13の上の保護膜5は除去されるがシリコン基板の構造体1の側面に形成された保護膜5は除去されない。

#### 【0031】

次に、図9に示すように音叉形状の構造体1をパッケージ8に実装してパッケージ8の電極と構造体1の基部7に形成した電極パッド6とをワイヤー10で接続する。11はパッケージ8の外側に設けた外部電極である。

#### 【0032】

図10に示すようにパッケージ8に実装された音叉形状の構造体1の腕部9A、9Bが中に浮いた状態となっている。この状態で図11に示すようにエッチング装置15の中に入れ、検出方向の共振周波数を外部の計測器16によって測定する。そして図12に示すようにガス導入口17よりガスを導入すると音叉形状の構造体1のシリコンが露出している底面のみがエッチングされることになる。底面のシリコンがエッチングされると検出方向の共振周波数が徐々に低下する。この共振周波数は常に計測されエッチングにフィードバックされ、所定の値になるとフッ化キセノンガスの導入が停止する。

#### 【0033】

なお音叉形状の構造体1の側面はフッ化カーボンポリマーの保護膜5により保護されているためエッチングされることはなく駆動方向の共振周波数は変化しない。また音叉形状の構造体1の上面も下部電極2、圧電体3、上部電極4で覆われているためエッチングされることはない。

#### 【0034】

以上の共振デバイスの一例としての角速度センサの製造方法において、検出方向の共振周波数を常に測定しながらエッチングを行うことにより、所定の高精度な共振周波数に調整ができる。さらにフッ化キセノンガスのエッチングによりプラズマを発生させる必要がないため、プラズマによるノイズの影響がなく共振周波数の高精度な測定ができる。

#### 【0035】

##### 【発明の効果】

本発明の共振デバイスの製造方法は、シリコン基板に圧電体および電極を形成する工程と、この圧電体および電極をフォトリソグラフィによりパターンを形成する工程と、シリコン基板をエッチングして構造体を形成する工程と、この構造体の少なくとも一面に保護膜を形成する工程と、この保護膜が形成されていない面をエッチングする工程とを含む共振デバイスの製造方法であり、保護膜の形成により厚み方向のエッチングを共振周波数の測定をしながら高精度な加工ができ、所定の離調周波数に調整できる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による共振デバイスの角速度センサの構造を示す斜視図

【図2】 図1の角速度センサのA-A断面による製造工程図

【図3】 図1の角速度センサのA-A断面による製造工程図

【図4】 図1の角速度センサのA-A断面による製造工程図

【図5】 図1の角速度センサのA-A断面による製造工程図

【図6】 図1の角速度センサのA-A断面による製造工程図

【図7】 図1の角速度センサのA-A断面による製造工程図

【図8】 図1の角速度センサのA-A断面による製造工程図

【図9】 角速度センサをパッケージに実装した斜視図

【図10】 図9のパッケージに実装した角速度センサのB-B断面による製造工程図

【図11】 図9のパッケージに実装した角速度センサのB-B断面による製造工程図

【図12】 図9のパッケージに実装した角速度センサのB-B断面による製造工程図



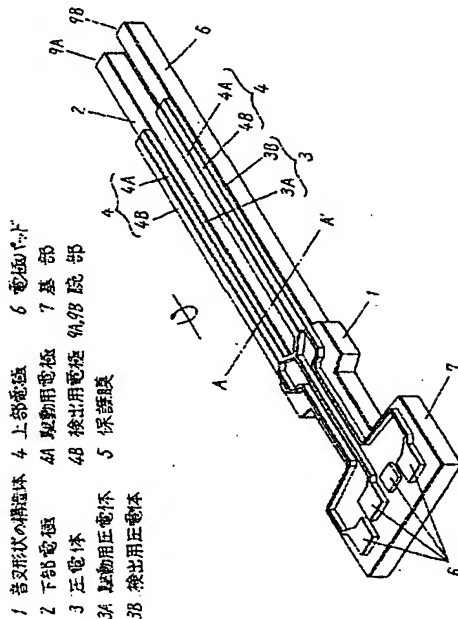
## 【符号の説明】

- 1 音叉形状の構造体
- 2 下部電極
- 3 圧電体
- 3 A 駆動用圧電体
- 3 B 検出用圧電体
- 4 上部電極
- 4 A 駆動用電極
- 4 B 検出用電極
- 5 保護膜
- 6 電極パッド
- 7 基部
- 8 パッケージ
- 9 A 腕部
- 9 B 腕部
- 10 ワイヤ
- 11 外部電極
- 12 レジストマスク
- 13 レジストマスク
- 14 シリコン基板
- 15 エッチング装置
- 16 計測器
- 17 ガス導入口

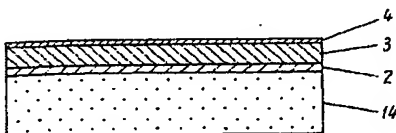
10

20

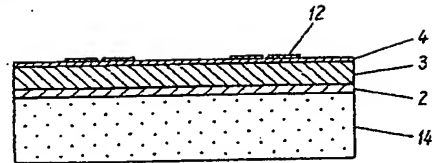
【図 1】



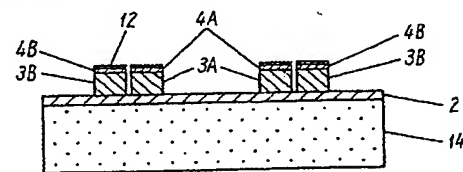
【図 2】



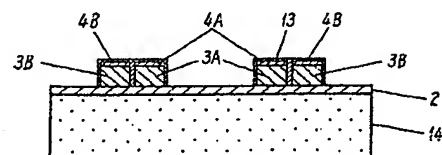
【図 3】



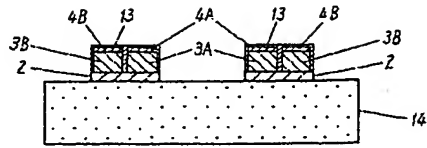
【図 4】



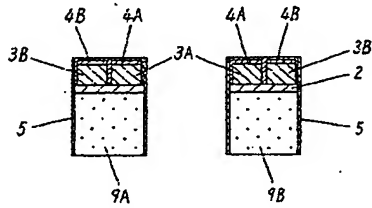
【図 5】



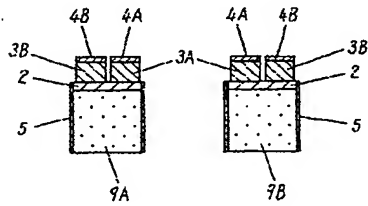
【図 6】



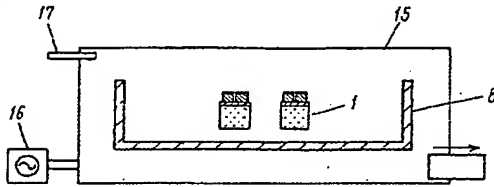
【図 7】



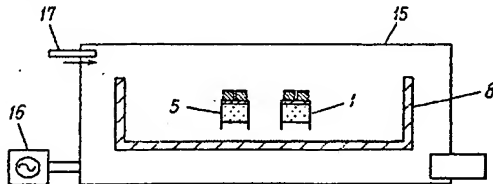
【図 8】



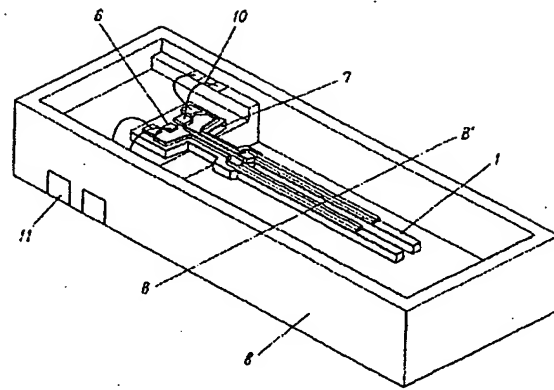
【図 11】



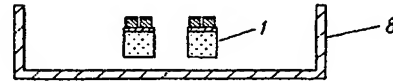
【図 12】



【図 9】



【図 10】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

F I

テーマコード (参考)

H O I L 41/08

Z

F ターム (参考) 2F105 BB02 BB14 BB15 CC01 CD02 CD06

5J108 AA02 CC06 EE03 EE06 FF06 HH03 HH04 KK05 MM11 MM15